

ZHUSUJI WEIXIU YU GUZHANG CHULI SHILI

注塑机维修 与故障处理实例

刘其洪 肖 炎 编著

第二版



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

注塑机维修 与故障处理实例

(第二版)

刘其洪 肖 炎 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为适应塑料机械制造业的发展、提高注塑机的合理利用率,特编写了本书。书中主要对注塑成型技术及工艺原理、注塑工艺及设备的构造等进行了介绍,重点围绕注塑机的构造,包括注塑机的机械结构、液压系统、电控系统、测量装置、注塑辅助设备以及安全装置等进行了探讨;对注塑机故障诊断、维修保养常识以及注塑机维修人员应知应会内容作了具体的分析,同时对注塑机机械部分、液压系统、电控系统的维修等进行了深入地介绍。书中结合基本原理和实际操作给出了详细的维修实例,有较强的工程实用性。

本书适用于注塑加工企业的操作与维修人员阅读,也可供在注塑机制造厂工作的工程技术人员、营销与售后服务人员学习使用,并可作为相关学校的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

注塑机维修与故障处理实例/刘其洪,肖炎编著. —2版. —北京:中国电力出版社,2015.8

ISBN 978-7-5123-7892-6

I. ①注… II. ①刘… ②肖… III. ①注塑机-维修
IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第131541号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年3月第一版

2015年8月第二版 2015年8月北京第二次印刷

710毫米×980毫米 16开本 18.75印张 327千字 1插页

印数3001—6000册 定价38.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

随着注塑成型制品在国民经济各领域用量的日益增加，使得塑料机械制造业已成为我国机械工业不可忽视的重要组成部分。目前，我国不仅是世界上最大的塑料机械生产国、使用国，同时也是世界上塑料机械的重要出口国和进口国。全面正确地使用设备，及时准确地判断故障以及低成本快速地维修设备是取得设备效益最大化的重要途径之一。

面对国内外众多厂家、众多型号的注塑机，要在生产实践中做到既保证制品质量、提高注塑机的合理利用率，又要满足对注塑机进行快速故障诊断、低成本维修的要求，这不仅需要了解注塑机的结构、性能及使用特点，更需要掌握注塑机故障排查方法、排查程序及检测与维修实用技术，从而更好地为企业生产服务。

全书共分为七章：第一章介绍了注塑成型技术、注塑成型工艺原理、注塑工艺及设备的发展；第二章介绍了注塑机的构造，包括注塑机的机械结构、液压系统、电控系统、测量装置、注塑辅助设备以及安全装置等；第三章叙述了注塑机故障诊断及维修常识以及注塑机维修人员应知应会内容；第四章到第六章分别对注塑机机械部分、液压系统、电控系统的维修等进行了深入的介绍，并提供了具体的维修实例；第七章为注塑机故障处理实例。

本书语言通俗易懂，内容丰富详实，突出了以实例为中心的特点，尤其适用于注塑加工企业的操作与维修人员阅读，也可供在注塑机制造厂工作的工程技术人员、营销与售后服务人员学习使用和学校的专业教学参考。

本书第1、2、4章由刘其洪编写，第3、5、6章由肖炎编写，参与本书编写的还有雷鸣、黎鹏、徐文斌等。在本书的编写过程中华南理工大学的周宏甫教授给予了很多的指导和支持，在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者和同行批评指正。

目 录

前言

第1章	注塑成型技术概述	1
1.1	注塑技术及应用	1
1.2	注塑成型工艺原理	4
1.2.1	注塑成型工艺过程	4
1.2.2	注塑成型工艺参数	13
1.3	注塑机及其种类	21
1.3.1	注塑机的基本结构、分类及规格	21
1.3.2	国产注塑机	24
1.3.3	进口注塑机	26
1.3.4	专用及特种注塑机	28
1.4	注塑工艺及设备的发展	30
第2章	注塑机的构造	34
2.1	注塑机的典型结构及工作原理	34
2.2	注塑机的综合技术参数	36
2.3	注塑机的主要装置和机构	40
2.3.1	注射机构	40
2.3.2	合模机构	54
2.3.3	螺杆、柱塞与物料传输机构	61
2.3.4	顶出机构	65
2.3.5	加热与冷却装置	66
2.4	注塑机液压系统	66
2.4.1	注塑机液压系统的组成与构造	67

2.4.2	注塑机液压系统的计算	67
2.4.3	注塑机常用的液压元器件	72
2.4.4	注塑机液压回路分析举例	74
2.5	注塑机的电控系统	91
2.5.1	注塑机电控系统的基本组成与种类	92
2.5.2	注塑机主要控制单元分析	94
2.5.3	注塑机常用电子电器元件及选用	100
2.5.4	注塑机用可编程控制器及实例分析	116
2.5.5	注塑机微机控制及实例分析	119
2.5.6	变频控制在注塑机中的应用举例	123
2.6	注塑机测量装置	126
2.6.1	温度检测传感器及其放大电路	126
2.6.2	注塑机用编码器及光栅尺	130
2.6.3	注塑机参数检测装置实例分析	135
2.7	注塑辅助设备	139
2.7.1	装卸模装置	140
2.7.2	干燥除湿装置	141
2.7.3	粉碎装置	141
2.7.4	混合装置	142
2.7.5	注塑机用机器人(人)	142
2.8	注塑机安全装置	143

第3章 注塑机故障诊断及维修保养常识

3.1	注塑机故障诊断常识	145
3.1.1	注塑机故障种类	145
3.1.2	注塑机故障分析与排除程序	147
3.2	注塑机维修保养常识	158
3.2.1	注塑机操作前的准备	158
3.2.2	注塑机操作规程	160
3.2.3	注塑机日常保养及维护规程	164
3.2.4	注塑机安全操作规程	166
3.2.5	注塑机调试步骤	167
3.2.6	注塑机检修方法及要点	169

3.2.7 注塑机安全装置检修要点	171
3.3 注塑机维修人员应知应会	172
3.3.1 注塑机维修工具	172
3.3.2 注塑机的选择原则	172
3.3.3 注塑机维修人员应具备的基本技能	174
3.3.4 注塑机典型参数的调校	178
3.3.5 注塑机维修电工基础	180
3.3.6 仿真机的应用及 EPROM 拷贝	188

第4章 注塑机机械部分的维修..... 194

4.1 螺杆的维护保养与维修	194
4.2 发热筒的维修与保养	195
4.3 注塑机喷嘴的拆卸和保养	196
4.4 注塑机加热装置的保养	197
4.5 注塑机旋转装置、计量装置及料斗的保养维护	198
4.6 注塑机机械部件的润滑	199

第5章 注塑机液压系统的维修..... 201

5.1 注塑机液压系统维修方法	201
5.2 注塑机液压系统的日常维护	203
5.2.1 液压装置的保养和检查	203
5.2.2 空气过滤器的检查	203
5.2.3 滤油器的检查	204
5.2.4 冷却器的检查	204
5.2.5 注油	204
5.2.6 清油	205
5.2.7 润滑油的保养和检查	206
5.2.8 锁模装置的保养和检查	206
5.3 注塑机液压系统工作故障与排除	207
5.3.1 油路泄漏与处理	207
5.3.2 液压系统发热、振动和噪声的处理	208
5.3.3 液压系统压力异常的排除方法	211
5.3.4 液压系统动作异常的排除方法	211

5.3.5 液压系统液压冲击故障的排除	212
5.3.6 液压控制系统的故障处理	213
5.3.7 常见液压件故障及处理	214

第6章 注塑机电控系统的维修..... 237

6.1 注塑机电气故障排查方法综述	237
6.2 注塑机电气故障排查程序	238
6.3 注塑机电控系统典型元件和单元的检修	241
6.3.1 电气元件及其检修	241
6.3.2 主电动机及控制电路检修要点	247
6.3.3 电磁阀与电路检修要点	248
6.3.4 I/O 电子电路板与电路的检修	251
6.3.5 电子放大板电路及其维修	254
6.3.6 电源电子板电路检修	257
6.3.7 比例流量、压力的调校	258
6.4 电子电路板检测与维修	262
6.4.1 电子电路板的诊断与检修方法	262
6.4.2 电子电路板检修工具	264
6.4.3 简易装置制作及调校	264
6.4.4 放大板维修实例	267
6.5 注塑机程控器电路的维修	270
6.6 注塑机电气控制系统常见故障及检修	272

第7章 注塑机故障处理实例..... 274

7.1 设备故障对制品质量影响及故障原因分析与排除	274
7.2 塑料注塑机的一般故障维修和处理方法	277
7.3 几种典型注塑机常见的故障及处理实例	281

参考文献 290

第 1 章

注塑成型技术概述

1.1 注塑技术及应用

注塑成型是一种注射兼模塑的成型方法，又称注射成型。通用的注塑方法是将聚合物组分的粒料或粉料放入注塑机的料筒内，经过加热、压缩、剪切、混合和输送，使物料进行均化和熔融（这一过程又称塑化），然后借助于柱塞或螺杆向熔化好的聚合物熔体施加压力，使高温熔体通过料筒前面的喷嘴和模具的浇道系统射入预先闭合好的低温模腔中，再经冷却定型后开启模具，顶出制品，从而得到具有一定几何形状和精度的塑料制品。

上述这种通用的注塑方法是最普遍也是最早的塑料成型加工方法。早在工业革命末期，塑料、橡胶就开始面世，而最初发明的成型方法就是注塑成型法。

1862 年，英国亚历山大·柏士（Alexander Par Kes）展出了用注塑成型法制成的塑料梳子、伞柄和其他制品。当时希望使用在电气工业上，能够代替天然石蜡、树脂、角质、虫胶和天然橡胶作为电绝缘体的新材料。“柏士”塑料的主要成分是硝酸纤维素（CN）及少量其他物质，它具有塑性和其他物理力学等性能。

1869 年，英国一位印刷员海特改良了“柏士”塑料，制成了赛璐珞，但仍以硝酸纤维素为主。1878 年，他把赛璐珞注入一模出六个制品的模具中，该模子具有主流道、分流道和浇口。实际上，在注塑成型之前，已经有了橡胶挤出机和金属压铸机。如在 1845～1850 年修筑英法的第一条海底电缆时，就是利用挤出机在外层包上橡胶生产出来的。

1879 年，Gray 在英国发明了第一部螺旋挤出机。几乎在同一时期，更多的机型相继面世。在聚合物材料和注塑成型方法的发展中，两者有着十分密切的联系，总是相辅相成的。

由于赛璐珞可燃性强,不适宜注塑,因此,直到1919年Eichengrun推出醋酸纤维素(CA)后,注塑技术才得到了进一步的发展。

1920年,注塑已发展成为工业化的加工方法,它可以使热塑性聚合物生产出复杂的制品。1926年在市场上已出售注射量为56.7g、用压缩空气推动的活塞式注塑机;1930年在德国和美国已有电力驱动的注塑机;英国FR Ncissshaw LTD还发明了压缩空气油压注塑机。

料筒是注塑机的核心,德国的Hans Gastrov在1932年发明了有分流梭的料筒,增大了聚合物材料的加热面积,克服了塑料导热性差、受热不均匀等缺点。但是分流梭却占去了料筒内的一部分容积,增加了阻力,使熔体注入模腔困难。

1930年,美国赛璐珞公司开发了螺杆熔料器式注塑法。1940年,德国BASF公司发明了螺杆直射注塑法,但当时受到聚合物品种的限制而没有很大发展。直到第二次世界大战后,工程用的聚合物品种增加并相继投入工业化生产,才使注塑成型得到迅速发展。

20世纪70年代以来是整个塑料工业发展的重要历史时期,民用塑料转向工程塑料的开发是这个时期的主要特征之一。推动这种转变的重要因素是世界能源危机和金属材料价格的上涨。危机迫使人们大力发展工程塑料,实现以塑代钢、以塑代木、以塑料代替其他非金属工业材料的愿望。在此期间,除了对原有工程塑料进行共混改性外,研究者还创造了许多新型高分子材料,这些新型高分子材料的诞生对注塑技术提出了更高的要求。

现在世界工程塑料的销售量正以每年10%的速度增长。在工程塑料中,80%采用注塑成型,其产品虽然只占全部注塑制品产量的20%,但总产值却占40%。如ABS经共混改性后,如今已有40多个品种,其中绝大部分用于注塑成型;聚苯乙烯(PS)、聚碳酸酯(PC)、聚砜(PSU)、聚酯等经过共混改性后可注塑成各种“塑料合金”制品,作各种结构零件,广泛地应用在汽车、机械、航空、宇航、建筑等行业中。由热塑性橡胶(TPR)、TRE和“亚加力”共混后,再加入不同的增塑剂和阻燃剂,可注塑成各种电子工业零件;用玻璃纤维增强的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PETP)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBTP)热塑性聚酯塑料可注塑成型各种轴套、齿轮、滚轮等机械零件,使其热变形温度可达224℃,弯曲强度达176.6MPa(1800kgf/cm²)。俗称“赛钢”、“夺钢”的缩醛塑料是一种由聚甲醛衍生出来的甲醛环状三聚物,再加上25%的玻璃纤维增强填料,采用注塑法可加工出尺寸精度为0.1%的齿轮,以及杠杆、弹簧、轴承和滚筒等精密零件;聚苯硫醚(PPS)又称“雷腾”,经注塑可成功地制作发

动机活塞的叶轮，能在 200℃ 高温条件下持续工作，并具有很高的力学性能；用热弹性体 TBR 改性的尼龙 66 经注塑的制品，其机械强度可比原来提高两倍，并在 -20℃ 的低温条件下有抗冲击能力；美国 GE 公司生产的聚碳酸酯共混料，在 -50℃ 下也耐冲击，这种注塑制品广泛地用在汽车制造业上。不久前，GE 公司生产出聚苯醚（PPO）共混料，其注塑制品可在 150℃ 高温下持续工作。

用注塑成型方法还能成功地生产一些复合型材料的制品，如复合型导电塑料制品。该塑料制品是以不同树脂为基料，添加炭黑、金属氧化物、金属薄片、导电的有机化合物或无机化合物，具有防静电、消静电和电磁波屏蔽等性能，其注塑制品可广泛应用于电子工业部门，制作各种电器元件。用注塑法还可生产热塑性塑料磁铁，该塑料磁铁是由稀土类磁粉与聚酰胺等树脂经过混炼后在磁场中注塑的制品，磁粉最高充填密度可达 95%。用注塑方法生产的塑料品种十分广泛，除了大多数热塑性树脂，如聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、聚酰胺（PA）、聚甲醛（POM）、聚碳酸酯（PC）、氯化聚醚、聚砜（PSU）、氟塑料、有机玻璃（PMMA）等通用塑料和工程塑料外，它们的共混料都可用注塑法生产出具有不同力学、物理、耐磨、耐腐蚀等性能的结构零件。这些结构零件按用途可分为六类，见表 1-1。

表 1-1 注塑结构件分类、要求和所用材料

用途分类	要 求	材 料
一般结构零件	强度和耐热性无特殊要求，一般用来代替钢材或其他材料，但由于批量大，要求有较高的生产率，成本低，有时对外观有一定要求	高密度聚乙烯（HDPE）、（PVC）、改性聚苯乙烯（203A，204）、ABS、PP 等。这些材料只承受较低的载荷，当受力小时，使用温度在 60~80℃
透明结构零件	除上述要求外，必须具有良好的透明度	改性 PMMA（372）、改性 PS（204）、PC
耐磨受力传动零件	要求有较高的强度、刚性、韧性	PA、MC 尼龙、POM、PC、氯化聚醚、线型聚酯等，这类塑料的拉伸强度都在 58.8MPa（600kgf/cm ² ）以上，使用温度可达 80~120℃
减摩自润滑零件	对机械强度要求往往不高，但运动速度较高，故要求具有低的摩擦因数，优异的耐磨性和自润滑性	聚四氟乙烯（PTFE）、填充 PTFE、PTFE 填充的 POM、聚全氟乙丙烯（FEP）等；在小载荷、低速时可采用 HDPE

续表

用途分类	要 求	材 料
耐高温结构零件	除耐磨受力传动零件和减摩自润滑零件要求外,还必须具有较高的热变形温度及高温抗蠕变性	PSU、PPO、氟塑钢 (PTFE、FEP)、聚酰亚胺 (PI)、PPS,以及各种玻璃纤维增强塑料等。这些材料都可在 150℃ 以上使用
耐腐蚀设备与零件	对酸碱和有机溶剂有良好的抗腐蚀能力	FEP、PTEE、聚三氟氯乙烯 (PCTFE)、PVC、HDPE、PP、酚醛树脂、(PF) 等

近年来,高分子材料的品种得到迅速的发展,而这些材料的特性差异很大,普通注塑已不能适应这些新材料的工艺要求,因此,在通用注塑成型基础上又发展了许多其他注塑方法,主要有:①热固性塑料注塑;②结构发泡注塑;③多组分注塑;④反应注射成型。这些成型技术正在迅速发展。

1.2 注塑成型工艺原理

1.2.1 注塑成型工艺过程

一、预期计量过程

塑化是在塑料注射成型机(简称注塑机)料筒内经过加热、压实以及混合等作用后,将松散的粒状或粉状成型物料由玻璃态转变为连续均化的黏流态的过程。所谓均化是指聚合物熔体组分均匀、密度均匀、黏度均匀和温度分布均匀。只有连续均化的熔体才能保证在接下来的注射充模过程中具有良好的流动性。良好的塑化质量为得到高质量的塑料制件提供了可能。

计量是指将塑化好的熔体定温、定压、定量地输出料筒所进行的准备工作,这一工作在高聚物的塑化阶段就已经完成。计量过程的精度不仅与注塑机控制系统的精度有关,而且料筒和塑化元件的几何要素以及加工质量也会对其产生很大的影响。计量精度越高,获得高精度制件的可能性越大。

预塑过程所需的热量主要来自两种方式:

(1) 料筒通过外部电加热器加热,料筒内的物料通过热传导方式吸收热量软化熔融。柱塞式注塑机中物料塑化所需热量主要靠外加热实现。

(2) 料筒内还可以在螺杆旋转作用下,通过剪切机理和摩擦机理,使机械能转换为热能后熔融物料。对于常用的螺杆式注塑机来说,物料除了吸收外加热器提供的热量以外,摩擦剪切热也是塑化热量的主要来源,而且螺杆旋转作用

不仅在于提供塑化热量,更重要的是使处于料筒内壁与螺杆间的物料受到强烈的混合作用,保证物料各部分塑化程度及温度的均一性。

柱塞式注塑机同螺杆式注塑机相比较,其塑化热量的唯一来源是料筒外部的加热器。加热器将热量传递给料筒,料筒再以热传导的方式将热量传给与其接触的塑料。由于塑料是热的不良导体,又没有螺杆转动产生的摩擦剪切热和混合作用,柱塞式注塑机难以在短时间内完成物料的塑化过程。为改善这一状况,可在柱塞式注塑机料筒内加入分流梭。虽然分流梭能通过与料筒接触的固定肋条传热升温,扩大物料受热面积,提高塑化速度,但是其塑化质量和塑化效果都不如螺杆式注塑机。

塑化质量是指物料熔融后的均一程度。塑化能力指的是注塑机在单位时间能够塑化的物料质量和体积。从物料的受热方式和注塑机的结构中可以看出柱塞式注塑机的不足之处。对于塑化能力的评定可以从式(1-1)和式(1-2)看出。

柱塞式注塑机的理论塑化能力为

$$m_{pp} = \frac{3.6\alpha A_p^2 \rho}{4K_t(5-\epsilon)V} \quad (1-1)$$

$$E = \frac{\theta_R - \theta_0}{\theta_b - \theta_0}$$

式中 m_{pp} ——柱塞式注塑机的塑化能力, kg/h;

α ——热扩散率, m^2/h ;

A_p ——塑化物料接受的热传面积, 与料筒内径和分流梭直径有关, m^2 ;

ρ ——物料密度, kg/m^3 ;

K_t ——热流动系数, 与加热系数有关;

ϵ ——常数, 无分流梭时 $\epsilon=1$, 有分流梭时 $\epsilon=2$;

V ——受热物料的总体积, m^3 ;

E ——加热系数;

θ_R ——熔体的平均温度;

θ_0 ——物料的初始温度;

θ_b ——料筒内壁温度。

螺杆式注塑机的理论塑化能力可用螺杆计量段对熔体的输送能力表示, 即有

$$m_{ps} = \frac{\pi^2 D^2 n h_m \sin \varphi \cos \varphi}{2} - \frac{\pi D h_m^3 \sin^2 \varphi}{12 \eta_m L_m} p_b \quad (1-2)$$

式中 m_{ps} ——螺杆式注塑机的塑化能力, cm^3/s ;

D ——螺杆的公称直径, cm ;

n ——螺杆转速, r/s ;

h_m ——计量段螺槽深度, cm ;

φ ——螺杆的螺纹升角, $(^\circ)$;

η_m ——熔体在计量段螺槽中的黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

L_m ——计量段长度, cm ;

p_b ——塑化时熔体对螺杆产生的反向压力, 通常称为背压, Pa 。

从式 (1-1) 和式 (1-2) 中可以发现, 柱塞式注塑机要增大传热面积 A_p 或减小受热物料的总容积 V 才能提高塑化能力, 可操作性较小; 而对于螺杆式注塑机来说, 可通过提高转速等方式提高塑化能力, 可操作性大且塑化能力一般都比柱塞式注塑机大。这也是普通柱塞式注塑机只适合成型小型制件的原因之一。因此, 目前市面上广泛采用螺杆式注塑机。

螺杆式注塑机的塑化装置如图 1-1 所示, 其预塑化原理同螺杆式挤出机的塑化原理类似, 不过二者之间还是有明显的区别。挤出机工作时, 螺杆不断旋转, 使螺槽内的固体物料从入口处向前连续挤出, 得到具有一定温度和塑化质量的熔体后从口模连续稳定挤出; 注塑机的螺杆在进行预塑时, 不仅有旋转运动而且还兼有后退的直线运动, 螺杆边旋转边后退, 作复合运动。

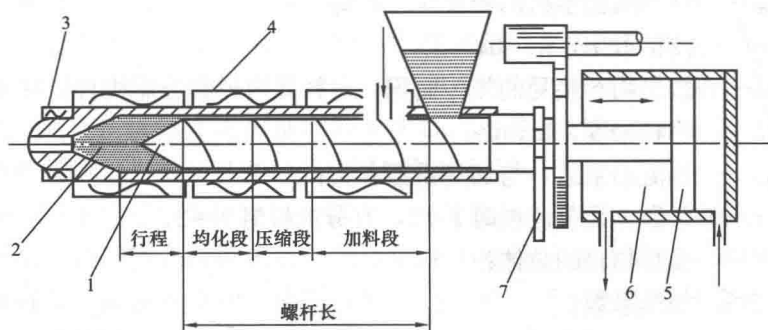


图 1-1 螺杆式注塑机塑化装置

1—螺杆头; 2—计量室; 3—喷嘴加热圈; 4—料筒加热圈;

5—活塞; 6—液压缸; 7—转速测量

注塑机工作时, 螺杆边旋转边后退, 把熔体汇集在螺杆头部的空间里, 在熔体储存室或计量室内形成了熔体压力, 此压力称为背压。螺杆旋转的同时, 受到处于螺槽中的物料和螺杆头部的熔体对螺杆产生的反作用 (背压) 而后退,

并在所设定的计量位置停止。螺杆后退停止后,塑化计量阶段结束,程序等待下一注射周期的开始。

二、注射冲模过程

注射充模是指在螺杆或柱塞的作用下,将已塑化均匀的塑料熔体经过喷嘴、流道及浇口注入闭合型腔中的过程。

如图 1-2 所示,注射充模过程按照时间顺序可分为充模流动阶段、保压补缩流动阶段和倒流阶段。充模流动阶段是注塑机将塑化好的熔体注射进入型腔的过程。了解清楚注射压力在此过程中的变化特点以及与它相关的熔体温度、流速和熔体充模特性等问题,对掌握熔体的充模规律有重要意义。

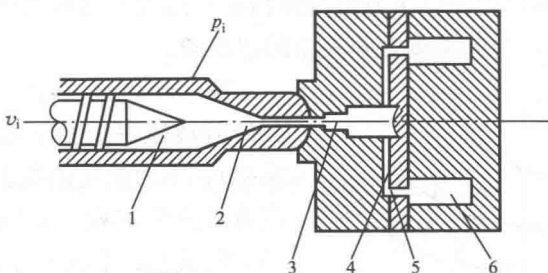


图 1-2 注射充模过程示意图

1—计量室流道; 2—喷嘴流道; 3—主流道; 4—分流道; 5—浇口; 6—型腔

(一) 注射压力的变化特点

注射压力是随时间变化的非线性函数,图 1-3 所示为一个注射周期中的压力—时间曲线。曲线 1 为计量室中的压力—时间曲线,又称为注射压力曲线;曲线 2 是喷嘴的压力—时间曲线,称为喷嘴曲线;曲线 3 是型腔内的压力曲线。时间轴上 t_0 表示柱塞或螺杆开始注射熔体的时刻; t_1 表示熔体开始流入型腔的时刻; t_2 表示熔体充满型腔的时刻。

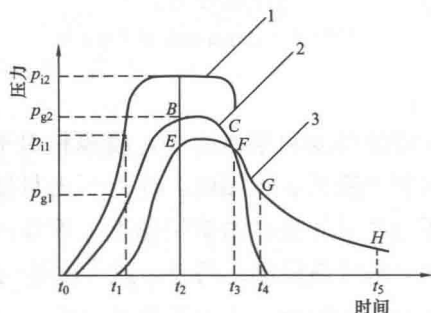


图 1-3 注塑成型的压力—时间曲线

整个流动过程按照型腔压力变化的特点可分为物料入模前和入模后两个部分。物料入模前的流动过程中,熔体从料筒经注塑机喷嘴、注射模主流道、分流道到达浇口,此时型腔压力近似为零,注射压力和喷嘴处压力急剧上升。这个阶段的注射压力主要用来克服来自料筒、喷

嘴及流道内壁的摩擦阻力，压力损失较大，同时熔体流动本身产生的黏性及弹性损耗同样会造成部分压力降。入模后的流动是指熔体从浇口进入型腔开始，直至整个型腔被充满为止的全过程。熔体进入型腔后，型腔压力急剧上升，注射压力和喷嘴压力也会随之增加到最大值，然后停止变化或平缓下降。这时注射压力对熔体起两方面的作用：一是克服熔体在型腔内的流动阻力；二是对熔体进行一定程度的压实。充模期间的注射压力随时间呈非线性变化关系，如果压力不足，熔体将无法克服阻力而迅速充满型腔，最终导致出现废品。

(二) 注射压力同熔体温度、流速的关系

图 1-4 所示为利用注射压力的对数和绝对温度的对数及倒数来表示熔体在流动充模阶段注射压力同温度之间关系的曲线图。

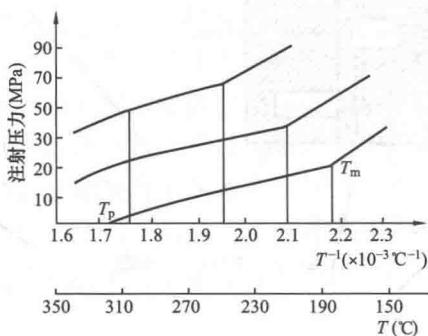


图 1-4 注射压力、熔体温度和剪切速度的关系

(MFI=5g/10min 的低密度聚乙烯)

图 1-4 中，流速的影响通过与它有关的剪切速率表征（流速梯度等于剪切速率）。压力温度曲线上的上、下两个拐点将其分为三段，分别对应聚合物的三种物理状态。下拐点 T_p 对应的温度值相当于热分解温度，上拐点 T_m 对应的温度值相当于高聚物熔点温度。曲线 T_p 点以上一段是熔体分解区，注射压力随温度升高而迅速下降；曲线 T_m 以下一段是以高弹形变为主的区域，注射压力随温度的降低而迅速增大。在这两个阶段均无法得到合格的注塑制件，因此都不适合进行注射成型。只有中间一段温度

区域的温度和压力适中，曲线相对平缓，适于注射成型，在此区域，温度升高有利于降低熔体黏度，注射压力可随之减小一定幅度。但应注意，过大的注射压力会引起很高的剪切速率，熔体内摩擦剪切生热效果会随之明显增大，造成热分解或热降解。另外，过大的剪切速率又很容易使熔体发生过度的剪切稀化，从而导致溢料、飞边等成型缺陷。

熔体在流经喷嘴时的温度变化受注射压力的影响很大，而与喷嘴、流道的直径关系不大。表 1-2 中的实验数据证明，注射压力增大是喷嘴处熔体温度升高的主要原因。因此，注射过程中应避免使用过大的注射压力，以免高聚物熔体发生热降解。

表 1-2 注射压力、喷嘴直径与熔体温升的关系

注射压力 (MPa)	喷嘴直径 (mm)	熔体温升 (°C)	注射压力 (MPa)	喷嘴直径 (mm)	熔体温升 (°C)
50	0.5	26	100	1.0	45
100	0.5	46	50	1.46	23
50	0.7	26	100	1.46	43
100	0.7	47	50	2.0	19
50	1.0	25	50	3.0	18

(三) 熔体充模特性与注射压力

充模流动形式与充模速度有关，充模速度同时受注射工艺条件和模具结构的影响。充模流动是否平稳和连续，将直接影响材料成型后的取向、结晶等物理变化，以及表面质量、形状尺寸和力学性能等。以下主要对熔体的充模方式以及扩展流动充模的特点进行介绍。

(1) 熔体的充模方式。浇口厚度与型腔厚度的相对比例是影响熔体充模方式的一个重要因素，并与注射工艺参数一起决定了熔体刚流入型腔时的初始流动状态。通常，为了便于浇口与浇注系统分离且不过分影响制件的外观质量，浇口厚度都设计得很小。根据浇口厚度同型腔厚度的大小比例关系，可以区分出高速、中速、低速和低速变高速等几种不同的充模方式。

当浇口厚度与型腔厚度相差很大时，熔体经浇口后很容易产生喷射现象。受离模膨胀的影响，高速充模的熔体很不平稳，熔体不仅表面粗糙，而且喷射时熔体会因为流速过高而发生破裂现象，先喷射出的熔体因为速度降低而阻碍后面的熔体流动，形成蛇形流动，如图 1-5 (a) 所示。制件因此会出现折叠而产生波纹状痕迹或表面疵病。如果注射速度较快，熔体将以一根单独而连续的射流进入型腔，在浇口对面型腔壁淤积后再以辅展流的方式向浇口方向流动，并充满型腔，该方式下成型的制件无论强度还是外观均较差。

浇口厚度与型腔厚度相差不大时，制件厚度不大。熔体进入型腔后迅速同上下内壁接触，受阻力及冷却作用的影响，沿型腔壁方向以中速充模。若适当地进行一些工艺调整，如降低注射速度、提高注射温度和模具温度等，熔体则在进入型腔后出现稳定的扩展性流动（扩展流），制件强度及外观均可得到改善，如图 1-5 (b) 所示。

浇口厚度与型腔厚度接近时，制件厚度很小，熔体一般不发生喷射充模，而是在进入型腔后以低速平稳的扩展形式充模。这是一种比较理想的充模方式，制件强度和外观都较好，如图 1-5 (c) 所示。